

CLIPPEDIMAGE= JP02000277854A
PAT-NO: JP02000277854A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000277854 A
TITLE: SEMICONDUCTOR LASER

PUBN-DATE: October 6, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HAYASHI, NOBUHIKO	N/A
OTA, KIYOSHI	
KANO, TAKASHI	N/A
NOMURA, YASUHIKO	
	N/A
	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SANYO ELECTRIC CO LTD	N/A

APPL-NO: JP2000008692
APPL-DATE: January 18, 2000

INT-CL_(IPC): H01S005/22

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser with superior effect of

optical confinement or optical absorption by forming a current block layer with sufficient thickness, along with a large composition of Al and In, while crystallinity deterioration such as cracks and the like is restrained.

SOLUTION: A semiconductor laser has an InGaN active layer 7. A current block layer 12 as a constriction for a current carried in the active layer 7 has a superlattice structure composed of a first GaN layer 12a and a second AlGaN layer 12b, each laminated alternately. As a result, the current block layer 12 with a desired thickness can be formed, while crystallinity deterioration such as cracks and the like is restrained, and the composition of Al and In is made large. In this way, a semiconductor laser with superior effect in optical

nfin ment r optical abs rpti n is btain d.

C PYRIGHT: (C)2000,JP

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-277854

(P2000-277854A)

(43) 公開日 平成12年10月6日 (2000.10.6)

(51) IntCl⁷

H01S 5/22

識別記号

F I

H01S 5/22

フォーマット (参考)

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-8692(P2000-8692)

(22) 出願日 平成12年1月18日 (2000.1.18)

(31) 優先権主張番号 特願平11-14295

(32) 優先日 平成11年1月22日 (1999.1.22)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 林 伸彦

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 太田 潔

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74) 代理人 100111383

弁理士 芝野 正雅

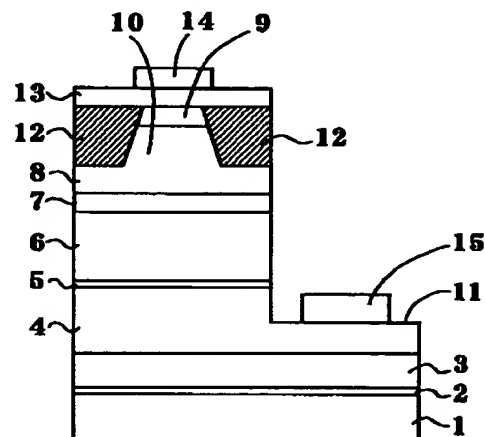
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザー

(57) 【要約】

【課題】 クラック等の結晶性の低下を抑えた状態で、電流ブロック層を十分な厚みだけ形成することが出来、また、Al組成、In組成等を大きくすることが出来、電流ブロック層における光閉じ込め効果或いは光吸収効果に優れた半導体レーザーを提供する。

【解決手段】 InGa_Nからなる活性層7を有する半導体レーザーであって、活性層7に流れる電流を狭窄する電流ブロック層12がGa_Nからなる第1層12aと、AlGa_Nからなる第2層12bとが交互に繰り返し積層されている超格子構造であることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 窒化物系の半導体材料からなる活性層を有する半導体レーザであって、前記活性層に流れる電流を狭窄する電流ブロック層が複数の層からなる超格子構造であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 前記電流ブロック層が $Al_xGa_{1-x}N$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ ）からなり、上記 x の値が異なる複数の層からなる超格子構造であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】 前記電流ブロック層がGaNからなる第1層と、AlGaNからなる第2層とが交互に繰り返し積層されている超格子構造であることを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ。

【請求項4】 前記電流ブロック層がAlGaNからなる第1層と、該第1層よりもAl組成が大きいAlGaNからなる第2層とが交互に繰り返し積層されている超格子構造であることを特徴とする請求項2記載の半導体レーザ。

【請求項5】 前記電流ブロック層の超格子構造を構成する層のうち、Al組成の大きい層の方が、Al組成の小さい層若しくはAlを含有しない層よりもキャリア濃度が小さいことを特徴とする請求項2、3又は4記載の半導体レーザ。

【請求項6】 前記電流ブロック層が $In_yGa_{1-y}N$ （但し、 $0 \leq y \leq 1$ ）からなり、上記 y の値が異なる複数の層からなる超格子構造であることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項7】 前記電流ブロック層がGaNからなる第1層と、InGaNからなる第2層とが交互に繰り返し積層されている超格子構造であることを特徴とする請求項6記載の半導体レーザ。

【請求項8】 前記電流ブロック層がInGaNからなる第1層と、該第1層よりもIn組成が大きいInGaNからなる第2層とが交互に繰り返し積層されている超格子構造であることを特徴とする請求項6記載の半導体レーザ。

【請求項9】 前記電流ブロック層の超格子構造を構成する層のうち、In組成の大きい層の方が、In組成の小さい層若しくはInを含有しない層よりもキャリア濃度が大きいことを特徴とする請求項6、7又は8記載の半導体レーザ。

【請求項10】 窒化物系の半導体材料からなる第1クラッド層、活性層、第2クラッド層が順に形成され、前記活性層に対して前記第2クラッド層側に該活性層に流れる電流を狭窄する電流ブロック層が形成された半導体レーザにおいて、前記電流ブロック層は第1電流ブロック層と第2電流ブロック層とが順に形成された層であり、前記第1電流ブロック層がi型の半導体層からなる超格子構造であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項11】 前記第2電流ブロック層が前記第2ク

ラッド層とは異なる導電型の半導体層を有する層であることを特徴とする請求項10記載の半導体レーザ。

【請求項12】 前記第2電流ブロック層が複数の層からなる超格子構造であることを特徴とする請求項11記載の半導体レーザ。

【請求項13】 前記第1電流ブロック層には、Zn、Be、Ca及びCのうちの少なくとも1つがドーパされていることを特徴とする請求項10、11又は12記載の半導体レーザ。

【請求項14】 前記第1電流ブロック層は、i型のGaNあるいはi型のInGaNからなる第1層と、該第1層よりもIn組成が大きいi型のInGaNからなる第2層とが交互に繰り返し積層されている超格子構造であることを特徴とする請求項10、11、12又は13記載の半導体レーザ。

【請求項15】 前記第1層が前記第2クラッド層に接していることを特徴とする請求項14記載の半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は窒化物系の半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、高密度・大容量の光ディスクシステムに用いられる記録或いは再生用の光源として、窒化物系半導体レーザの研究開発が行われている。

【0003】この窒化物系の半導体レーザにおいても、光ディスクシステムの光源として使用するためには、赤外光や赤色光を出射する半導体レーザと同様に横モード制御が必要であり、この横モード制御に適した屈折率導波型の半導体レーザが提案されている。

【0004】窒化物系の半導体レーザにおいて、屈折率導波構造を実現するためには、活性層に流れる電流を狭窄する電流ブロック層を、例えば、AlNの混晶比（以下、Al組成という）がクラッド層のAl組成よりも大きい実屈折率ガイド構造か、電流ブロック層のバンドギャップが活性層のバンドギャップよりも小さいロスガイド構造の2通りの方法が考えられる。

【0005】しかしながら、ロスガイド構造の半導体レーザを構成するために、活性層よりもInNの混晶比（以下、In組成という）の大きいInGaNを電流を十分にブロック出来、且つ光を十分に吸収出来るだけの厚み（例えば0.5 μ m程度以上）に成長させて電流ブロック層を形成すると、電流ブロック層は臨界膜厚を超えるため、成長層の結晶性が著しく低下するという問題がある。

【0006】また、実屈折率ガイド構造を構成するために、クラッド層よりもAl組成の大きいAlGaNを電流を十分にブロック出来、且つ光を十分に閉じ込めるだけの厚み（例えば0.5 μ m程度以上）に成長させて電

流ブロック層を形成した場合においても、Alを含有するクラッド層と電流ブロック層とは脆くなり、クラックが発生し、成長層の結晶性が著しく低下するという問題がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記従来例の欠点に鑑み為されたものであり、Al組成やIn組成等が大きい電流ブロック層を、結晶性が低下することを抑えて、電流を十分にブロック出来るだけの厚みに形成することが可能な半導体レーザを提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザは、窒化物系の半導体材料からなる活性層を有する半導体レーザであって、前記活性層に流れる電流を狭窄する電流ブロック層が複数の層からなる超格子構造であることを特徴とする。

【0009】このような構成の半導体レーザでは、電流ブロック層を構成する超格子構造の個々の層の層厚が小さくなるため、クラッド層等の下地となる層と電流ブ

ック層との間の歪みは緩和される。

【0010】更に、本発明の半導体レーザは、前記電流ブロック層が $Al_xGa_{1-x}N$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ ）からなり、上記xの値が異なる複数の層からなる超格子構造であることを特徴とする。

【0011】この場合、電流ブロック層全体における平均的なAl組成を大きくしたり、或いは電流ブロック層の層厚を大きくしても、電流ブロック層の結晶性の低下は抑えられる。このため、例えば、クラッド層よりもAl組成を一層大きくすることが出来、導波路内への光閉

じ込め効果に優れた実屈折率構造の半導体レーザを実現できる。

【0012】例えば、前記電流ブロック層がGaNからなる第1層と、AlGaNからなる第2層とが交互に繰り返り積層されている超格子構造である場合、Alを含有する第2層は個々の層の層厚が小さくてよいため、電流ブロック層とクラッド層等の下地となる層との間の熱膨張係数の差に基づく歪みは緩和される。

【0013】尚、この場合、第2層は、Alの組成比が0.5以下の場合、層厚は200～500Å程度する必要があり、Alの組成比が0.75以下の場合、層厚は100～200Å程度にする必要があり、Alの組成比が1以下の場合、層厚は10～100Å程度にする必要がある。また、第1層は、第2層の厚み、Al組成比に関係なく、10～1000Å程度にすることが可能であるが、第2層の厚みと同程度であるのが好ましい。

【0014】また、前記電流ブロック層がAlGaNからなる第1層と、該第1層よりもAl組成が大きいAlGaNからなる第2層とが交互に繰り返り積層されてい

る層の層厚が小さくてよいため、電流ブロック層とクラッド層等の下地となる層との間の熱膨張係数の差に基づく歪みは緩和される。

【0015】また、本発明は、上述の前記電流ブロック層が $Al_xGa_{1-x}N$ からなる半導体レーザにおいて、前記電流ブロック層の超格子構造を構成する層のうち、Al組成の大きい層の方が、Al組成の小さい層若しくはAlを含有しない層よりもキャリア濃度が小さいことを特徴とする。

【0016】この場合、電流ブロック層内のバンド障壁が高くなり、電流ブロック層での電流のブロック作用が向上する。

【0017】また、本発明の半導体レーザは、前記電流ブロック層が $In_yGa_{1-y}N$ （但し、 $0 \leq y \leq 1$ ）からなり、上記yの値が異なる複数の層からなる超格子構造であることを特徴とする。

【0018】この場合、電流ブロック層全体における平均的なIn組成を大きくしたり、或いは電流ブロック層の層厚を大きくしても、電流ブロック層の結晶性の低下は抑えられる。このため、例えば、クラッド層よりもIn組成を一層大きくすることが出来、電流ブロック層での光吸収に優れたロスガイド構造の半導体レーザを実現できる。

【0019】例えば、前記電流ブロック層がGaNからなる第1層と、InGaNからなる第2層とが交互に繰り返り積層されている超格子構造である場合、Inを含有する第2層の個々の層の層厚が小さくてよいため、電流ブロック層とクラッド層等の下地となる層との間の格子定数の差に基づく歪みは緩和される。

【0020】尚、この場合、第2層は、Inの組成比が0.4以下の場合、層厚は100～300Å程度する必要があり、Inの組成比が0.6以下の場合、層厚は10～100Å程度にする必要がある。また、第1層は、第2層の厚み、In組成比に関係なく、10～1000Å程度にすることが可能であるが、第2層の厚みと同程度であるのが好ましい。

【0021】また、前記電流ブロック層がInGaNからなる第1層と、該第1層よりもIn組成が大きいInGaNからなる第2層とが交互に繰り返り積層されている超格子構造である場合、In組成が大きい第2層の個々の層の層厚が小さくてよいため、電流ブロック層とクラッド層等の下地となる層との間の格子定数の差に基づく歪みは緩和される。

【0022】また、本発明は前記電流ブロック層が $In_yGa_{1-y}N$ からなる半導体レーザにおいて、前記電流ブロック層の超格子構造を構成する層のうち、In組成の大きい層の方が、In組成の小さい層若しくはInを含有しない層よりもキャリア濃度が大きいことを特徴とする。

【0023】この場合、電流ブロック層内のバンド障壁

が高くなり、電流ブロック層での電流の狭窄作用が向上する。

【0024】また、本発明の半導体レーザは、窒化物系の半導体材料からなる第1クラッド層、活性層、第2クラッド層が順に形成され、前記活性層に対して前記第2クラッド層側に該活性層に流れる電流を狭窄する電流ブロック層が形成された半導体レーザにおいて、前記電流ブロック層は第1電流ブロック層と第2電流ブロック層とが順に形成された層であり、前記第1電流ブロック層がi型の半導体層からなる超格子構造であることを特徴とする。

【0025】このような構成の半導体レーザでは、第1電流ブロック層を構成する超格子構造の個々の層の層厚が小さくなるため、第2クラッド層と電流ブロック層との間の歪みは緩和される。また、第2電流ブロック層と第2クラッド層との間に高抵抗の第1電流ブロック層が存在するため、順方向の電圧を印加した際、第2電流ブロック層と第2クラッド層との間が空乏化され、素子容量が低減し、その結果、光出力の立上り、立下りが速くなる。

【0026】更に、本発明の半導体レーザは、前記第2電流ブロック層が前記第2クラッド層とは異なる導電型の半導体層を有する層であることを特徴とする。

【0027】この場合、上述の光出力の立上り、立下りの速い半導体レーザにおいて、電流ブロック層での電流をブロックする機能が高まる。

【0028】また、前記第2電流ブロック層が複数の層からなる超格子構造であることを特徴とする。

【0029】この場合、第2電流ブロック層全体における平均的なAl組成やIn組成を大きくしたり、或いは電流ブロック層の層厚を大きくしても、第2電流ブロック層の結晶性の低下は抑えられる。このため、例えば、第2クラッド層よりもAl組成を一層大きくすることにより、導波路内への光閉じ込め効果に優れた実屈折率構造の半導体レーザ、或いは第2クラッド層よりもIn組成を一層大きくすることにより、電流ブロック層での光吸収に優れたロスガイド構造の半導体レーザを実現出来る。

【0030】また、本発明の半導体レーザでは、前記第1電流ブロック層には、Zn、Be、Ca及びCのうちの少なくとも1つがドーパされていることを特徴とする。

【0031】この場合、第1電流ブロック層は、 $1.5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の十分な高抵抗の層となる。

【0032】また、本発明の半導体レーザでは、前記第1電流ブロック層は、i型のGa_{0.9}In_{0.1}Nあるいはi型のInGa_{0.9}Nからなる第1層と、該第1層よりもIn組成が大きいi型のInGa_{0.9}Nからなる第2層とが交互に繰り返して積層されている超格子構造であることを特徴とする。

【0033】この場合、Inを含有しバンドギャップが

小さい電流ブロック層を有する半導体レーザにおいても、十分に素子容量を低減することが出来、その結果、電流ブロック効果を高め、また光出力の立上り、立下りを速めることが出来る。

【0034】更に、本発明の半導体レーザでは、前記第1層が前記第2クラッド層に接していることを特徴とする。

【0035】これにより、バンドギャップの大きい第1層が第2クラッド層に接するため、第2クラッド層から電流ブロック層に向けてバンドギャップを段階的に小さくすることが出来る。これにより、光出力の立上り、立下りは一層速くなる。

【0036】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0037】図1は本発明の実施の形態である第1実施例の半導体レーザの構成を示す断面図である。

【0038】この第1実施例の半導体レーザは、リッジ導波型の半導体レーザであり、サファイア基板1のc面上に、MOCVD法により、アンドープのi-Al_{0.5}Ga_{0.5}Nからなる厚さ300Åのバッファ層2、アンドープのi-GaNからなる厚さ2μmのi-GaN層3、Siドーパのn-GaNからなる厚さ3μmのn-GaN層4、Siドーパのn-In_{0.1}Ga_{0.9}Nからなる厚さ0.1μmのn-クラック防止層5、Siドーパのn-Al_{0.10}Ga_{0.90}Nからなる厚さ0.7μmのn-クラッド層6、Siドーパのn-InGa_{0.9}Nからなる多重量子井戸構造の活性層7、Mgドーパのp-Al_{0.10}Ga_{0.90}Nからなる厚さ0.7μmのp-クラッド層8、Mgドーパのp-GaNからなる厚さ0.2μmのp-キャップ層9が順に積層された半導体ウエハにより構成されている。

【0039】尚、活性層7は、Ga_{0.9}In_{0.1}Nからなる厚さ0.1μmの一对の光ガイド層の間に、In_{0.03}Ga_{0.97}Nからなる厚さ60Åの障壁層とIn_{0.13}Ga_{0.87}Nからなる厚さ30Åの井戸層とが交互に形成された多重量子井戸構造である。

【0040】上記半導体ウエハには、反応性イオンエッチング又は反応性イオンビームエッチングによりp-クラッド層8の所定の深さまで除去されてストライプ状のリッジ部10が形成され、同様のエッチングによりn-GaN層4の所定の深さまで除去されて電極形成面11が形成されている。尚、p-クラッド層8のリッジ部10以外の平坦部の厚みは横モード制御を行うために、0.05~0.4μmであるのが好ましい。

【0041】また、p-クラッド層8上のエッチング除去部には、後述する超格子構造の厚さ0.5μmの電流ブロック層12が形成されており、p-キャップ層9上及び電流ブロック層12上には、Mgドーパのp-GaNからなる厚さ0.2μmのp-コンタクト層13が形

成されている。また、p-コンタクト層13の上面にはp-電極14が形成され、n-クラッド層4の電極形成面11にはn-電極15が形成されている。

【0042】電流ブロック層12は、図2に示すように、Siドープのn-GaNからなる厚さ250Åの第1層12aと、アンドープのi-Al_{0.30}Ga_{0.70}N或いはSiが少量ドープされたn-Al_{0.30}Ga_{0.70}Nからなる厚さ250Åの第2層12bとが交互に10層ずつ形成された超格子構造である。

【0043】尚、第1層12aのSiドープのキャリア濃度は $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。また、第2層12bがSiがドープされた層である場合、Siのドープのキャリア濃度は第1層12aよりも少ない $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0044】上述のような第1実施例の半導体レーザでは、電流ブロック層12がAlを含有しない第1層12aとAlを含有する第2層12bとが交互に繰り返して積層された超格子構造であり、Al組成を含有する第2層12bは個々の層厚が小さいため、p-クラッド層8との熱膨張係数の差に基づく歪みは緩和される。このため、電流ブロック層12は、単層で形成された場合と比べて、結晶性を低下させることなく、Al組成を大きくし、且つ厚みを大きくすることが出来る。

【0045】また、電流ブロック層12は、Alを含有しない第1層12aはキャリア濃度が大きく、Alを含有する第2層12bはキャリア濃度が小さいため、電流ブロック層12内のバンド障壁は図3に示すように高くなり、電流ブロック効果が向上する。

【0046】また、第1実施例の他の例として、電流ブロック層12を、Siドープのn-Al_{0.05}Ga_{0.95}Nからなる厚さ250Åの第1層12aと、アンドープのi-Al_{0.25}Ga_{0.75}N或いはSiが少量ドープされたn-Al_{0.25}Ga_{0.75}Nからなる厚さ250Åの第2層12bとが交互に10層ずつ形成された超格子構造としても良い。

【0047】これは、Al組成が小さい第1層12aとAl組成が大きい第2層12bとの超格子構造により電流ブロック層12を構成した例であり、この場合においても、Al組成が大きい第2層12bは個々の層厚が小さいため、p-クラッド層8との熱膨張係数の差に基づく歪みは緩和される。このため、電流ブロック層12は、単層で形成された場合と比べて、結晶性を低下させることなく、Al組成を大きくし、且つ厚みを大きくすることが出来る。

【0048】また、電流ブロック層12は、Al組成が小さい第1層12aはキャリア濃度が大きく、Al組成が大きい第2層12bはキャリア濃度が小さいため、電流ブロック層12内のバンド障壁は図3に示すように高くなり、電流ブロック効果が向上する。

【0049】以上のように、この第1実施例の半導体レ

ーザは、電流ブロック層12を、結晶性を低下させることなく、Al組成を大きくし、且つ厚みを大きくすることが出来、導波路内に光が十分に閉じ込められ、しかも電流ブロック効果が向上するため、発光効率の良い実屈折率ガイド構造の半導体レーザとなる。

【0050】また、本発明の第2実施例の半導体レーザとして、上記第1実施例の電流ブロック層12に代えて、電流ブロック層12を、図4に示すように、アンドープのi-GaN或いはSiが少量ドープされたn-GaNからなる厚さ250Åの第1層12cと、Siドープのn-In_{0.3}Ga_{0.7}Nからなる厚さ250Åの第2層12dとが交互に10層ずつ形成された超格子構造としても良い。

【0051】尚、第2層12dのSiドープのキャリア濃度は $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。また、第1層12cがSiがドープされた層である場合、Siドープのキャリア濃度は第2層12dよりも少ない $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0052】上述のような第2実施例の半導体レーザでは、電流ブロック層12がInを含有しない第1層12cとInを含有する第2層12dとが交互に繰り返して積層された超格子構造であり、Inを含有する第2層12dは個々の層厚が小さいため、p-クラッド層8との格子定数の差に基づく歪みは緩和される。このため、電流ブロック層12は、単層で形成された場合と比べて、結晶性を低下させることなく、In組成を大きくし、且つ厚みを大きくすることが出来る。

【0053】また、電流ブロック層12は、Inを含有しない第1層12cはキャリア濃度が小さく、Inを含有する第2層12dはキャリア濃度が大きいため、電流ブロック層12内のバンド障壁は図5に示すように高くなり、電流ブロック効果が向上する。

【0054】また、第2実施例の他の例として、電流ブロック層12を、アンドープのi-In_{0.05}Ga_{0.95}N或いはSiが少量ドープされたn-In_{0.05}Ga_{0.95}Nからなる厚さ250Åの第1層12cと、Siドープのn-In_{0.25}Ga_{0.75}Nからなる厚さ250Åの第2層12dとが交互に10層ずつ形成された超格子構造としても良い。

【0055】これは、In組成が小さい第1層12cとIn組成が大きい第2層12dとの超格子構造により電流ブロック層12を構成した例であり、この場合においても、In組成が大きい第2層12dは個々の層厚が小さいため、p-クラッド層8との格子定数の差に基づく歪みは緩和される。このため、電流ブロック層12は、単層で形成された場合と比べて、結晶性を低下させることなく、In組成を大きくし、且つ厚みを大きくすることが出来る。

【0056】また、電流ブロック層12は、In組成が小さい第1層12cはキャリア濃度が小さく、In組成

が大きい第2層12dはキャリア濃度が大きいので、電流ブロック層12内のバンド障壁は、図5に示すように高くなり、電流ブロック効果が向上する。

【0057】以上のように、この第2実施例の半導体レーザは、電流ブロック層12を、結晶性を低下させることなく、In組成を大きくし、且つ厚みを大きくすることが出来、電流ブロック層12で光が十分に減衰され、しかも電流ブロック効果が向上するため、発光効率の良いロスガイド構造の半導体レーザとなる。

【0058】また、上述の第1、第2実施例では、本発明をリッジ導波型の半導体レーザに用いた場合について説明したが、本発明はそれ以外の構造、例えば、図6に示すようなセルフアライン構造の半導体レーザにおいても、電流ブロック層を上述の実施例と同様に構成してもよい。

【0059】図6において、21はサファイア基板であり、サファイア基板21のc面上には、MOCVD法により、アンドープの $i\text{-Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ からなる厚さ300Åのバッファ層22、厚さ2μmのアンドープの $i\text{-Ga}\text{N}$ 層23、厚さ3μmのSiドープの $n\text{-Ga}\text{N}$ 層24、Siドープの $n\text{-In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる厚さ0.1μmのクラック防止層25、Siドープの $n\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる厚さ0.7μmの $n\text{-クラッド層26}$ 、Siドープの $n\text{-InGa}\text{N}$ からなる多重量子井戸構造の活性層27、Mgドープの $p\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる厚さ0.2μmの第1 $p\text{-クラッド層28}$ 、超格子構造の厚さ0.5μmの電流ブロック層29、Mgドープの $p\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる厚さ0.5μmの第2 $p\text{-クラッド層30}$ 、Mgドープの $p\text{-Ga}\text{N}$ からなる厚さ0.2μmの $p\text{-コンタクト層31}$ が順に積層された半導体ウェハが構成されている。尚、電流ブロック層29は電流通路となる窓部35がエッチングにより除去されている。また、この半導体ウェハには、反応性イオンエッチング又は反応性イオンビームエッチングにより $n\text{-Ga}\text{N}$ 層24の所定の深さまで除去されて電極形成面32が形成されている。 $p\text{-コンタクト層31}$ の上面には $p\text{-電極33}$ が形成され、 $n\text{-クラッド層24}$ の電極形成面32には $n\text{-電極34}$ が形成されている。

【0060】電流ブロック層29は、上述のリッジ導波型の電流ブロック層12と同様の構成の超格子構造により形成されており、発光効率の良い屈折率ガイド構造の半導体レーザ或いはロスガイド構造の半導体レーザとなる。

【0061】尚、上述の実施例では、基板としてサファイア基板を用いたが、SiC、スピネル、Ga₂O₃等の他の材料で構成してもよい。

【0062】また、電流ブロック層の半導体材料としても、V族元素としてPやAsを有するものでもよい。

【0063】また、電流ブロック層の超格子構造を構成

する層へのドーピング材料としても、Siに代えてGe等の他の元素でも良い。また、Zn等をドーピングして高抵抗の電流ブロック層を構成してもよい。

【0064】次に、本発明の実施の形態である第3実施例の半導体レーザについて説明する。

【0065】図7は第3実施例の半導体レーザの構成を示す断面図であり、図1と同一部分には同一符号を付し、その説明は割愛する。

【0066】この第3実施例の半導体レーザでは、電流ブロック層12は、リッジ部10の両側面から $p\text{-クラッド層8}$ の上面に亘って形成された i 型の第1電流ブロック層121と、該第1電流ブロック層121上に形成された n 型の第2電流ブロック層122とからなる。

【0067】第1電流ブロック層121は、図8に示すように、不純物がドーパされた $i\text{-Ga}\text{N}$ からなる厚さ250Åの第1層121aと、不純物がドーパされた $i\text{-InGa}\text{N}$ からなる厚さ250Åの第2層121bとが交互に10層ずつ形成された高抵抗の超格子構造である。第1層121a及び第2層121bにドーパされる不純物としては、Zn（亜鉛）、Be（ベリリウム）、Ca（カルシウム）、及びC（炭素）のうちの少なくとも1つが用いられ、この不純物のドーパにより、第1層121a及び第2層121bは i 型の半導体層となり、高抵抗の層となる。尚、 $p\text{-クラッド層8}$ には、第1層121aが接している。

【0068】また、第2電流ブロック層122は、図9に示すように、アンドープの $i\text{-Ga}\text{N}$ 或いはSiが少量ドーパされた $n\text{-Ga}\text{N}$ からなる厚さ250Åの第1層122aと、Siドープの $n\text{-In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ からなる厚さ250Åの第2層122bとが交互に5層ずつ形成された超格子構造である。尚、第2電流ブロック層122上に、 $p\text{-コンタクト層13}$ が形成されている。

【0069】このような第3実施例の半導体レーザでは、電流ブロック層12を構成する第1電流ブロック層121及び第2電流ブロック層122が夫々、厚みの薄い層からなる超格子構造であるため、電流ブロック層12と $p\text{-クラッド層8}$ との格子定数の差に基づいて発生する歪みは緩和される。このため、第1電流ブロック層121及び第2電流ブロック層122はInの組成比を大きくすることが出来、しかも全体の膜厚を大きくすることが出来る。

【0070】また、 p 型の $p\text{-クラッド層8}$ と n 型の第2電流ブロック層122との間に高抵抗の第1電流ブロック層121が形成されているため、 $p\text{-電極14}$ と $n\text{-電極15}$ との間に順方向に電圧を印加した際、第2電流ブロック層122と $p\text{-クラッド層8}$ との間が十分に空乏化され、素子容量が十分に低減される。このため、電流ブロック層12で電流をブロックする機能が高まると共に、素子をパルス駆動した時の光出力の立ち上がり、立ち下りが速くなる。特に、第3実施例では、 $p\text{-クラッド層8}$ の上面に亘って形成された i 型の第1電流ブロック層121と、該第1電流ブロック層121上に形成された n 型の第2電流ブロック層122とからなる。

層8と接する第1電流ブロック層121の第1層121aがInを含まず、他の第2層121bよりもバンドギャップの大きい層であるため、光出力の立上り、立下りは一層速くなる。

【0071】また、上述の第3実施例では、第1電流ブロック層121の第1層121a、及び第2電流ブロック層122の第1層122aを、Ga_{0.95}Nにより形成したが、第1層121a、122aのうちの少なくとも1層をInを含有する層、例えば、In_{0.05}Ga_{0.95}Nにより形成してもよい。

【0072】このような構成においても、上述の第3実施例と同様に、電流ブロック層12で電流をブロックする機能が高まると共に、素子をパルス駆動した時の光出力の立上り、立下りが速くなる。特に、p-クラッド層8と接する第1電流ブロック層121の第1層121aが、他の第2層121bよりもInの組成比が小さく、バンドギャップの大きい層である場合、光出力の立上り、立下りは一層速くなる。

【0073】以上のように、この第3実施例の半導体レーザは、電流ブロック層12を、結晶性を低下させることなく、In組成を大きくし、且つ厚みを大きくすることが出来、電流ブロック層12で光が十分に減衰され、しかも電流ブロック効果が向上し、それに加え、素子容量が小さくなるため、発光効率が良く、高速動作可能なロスガイド構造の半導体レーザとなる。

【0074】また、上述の第3実施例では、本発明をリッジ導波型の半導体レーザに用いた場合について説明したが、本発明はそれ以外の構造、例えば、図10に示すようなセルフアライン構造の半導体レーザにおいても、電流ブロック層を上述の実施例と同様に構成してもよい。

【0075】尚、上述の第3実施例では、基板としてサファイア基板を用いたが、SiC、スピネル、Ga_{0.95}N等の他の材料で構成してもよい。

【0076】また、電流ブロック層の半導体材料としても、V族元素としてPやAsを有するものでもよい。

【0077】また、第2電流ブロック層の超格子構造を構成する層へのドーピング材料としても、Siに代えてGe等の他の元素でも良い。また、Zn等をドーピングして高抵抗の電流ブロック層を構成してもよい。

【0078】尚、本発明の実施の形態では、n型、p型、i型を夫々、n-、p-、i-と略記している。

【0079】

【発明の効果】本発明に依れば、クラック等の結晶性の

低下を抑えた状態で、電流ブロック層を十分な厚みだけ形成することが出来、また、Al組成、In組成等を大きくすることが出来、電流ブロック層における光閉じ込め効果或いは光吸収効果に優れた半導体レーザを提供し得る。

【0080】また、本発明に依れば、上述の効果に加えて、素子容量が小さくなるため、発光効率が向上し、高速動作可能な半導体レーザを提供し得る。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】本発明を用いた第1、第2実施例のリッジ導波型の半導体レーザの全体構成を示す断面図である。

【図2】本発明の第1実施例の半導体レーザにおける電流ブロック層の構成を示す断面図である。

【図3】本発明の第1実施例の半導体レーザにおける電流ブロック層のエネルギーバンドを示す図である。

【図4】本発明の第2実施例の半導体レーザにおける電流ブロック層の構成を示す断面図である。

【図5】本発明の第2実施例の半導体レーザにおける電流ブロック層のエネルギーバンドを示す図である。

20 【図6】第1、第2実施例に対応するセルフアライン構造の半導体レーザの全体構成を示す断面図である。

【図7】本発明を用いた第3実施例のリッジ導波型の半導体レーザの全体構成を示す断面図である。

【図8】本発明の第3実施例の半導体レーザにおける電流ブロック層の構成を示す断面図である。

【図9】本発明の第3実施例の半導体レーザにおける電流ブロック層の構成を示す断面図である。

【図10】第3実施例に対応するセルフアライン構造の半導体レーザの全体構成を示す断面図である。

30 【符号の説明】

7 活性層

12 電流ブロック層

12a 第1層

12b 第2層

12c 第1層

12d 第2層

27 活性層

29 電流ブロック層

121 第1電流ブロック層

40 121a 第1層

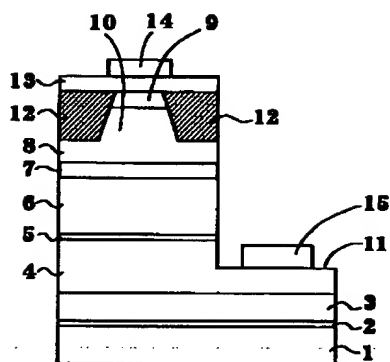
121b 第2層

122 第2電流ブロック層

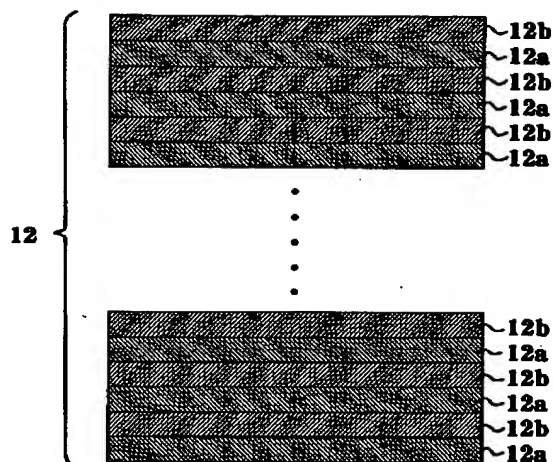
122a 第1層

122b 第2層

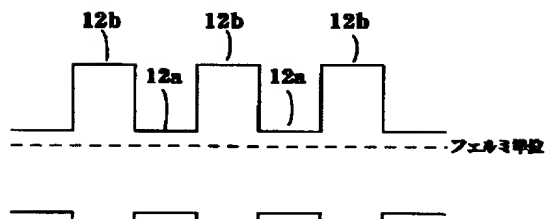
【図1】



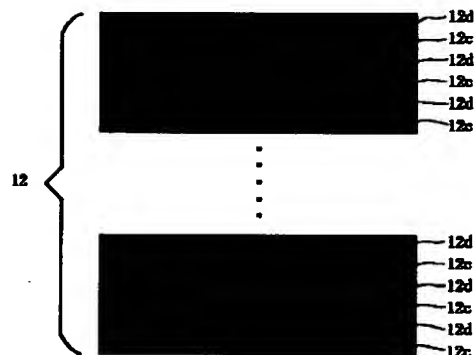
【図2】



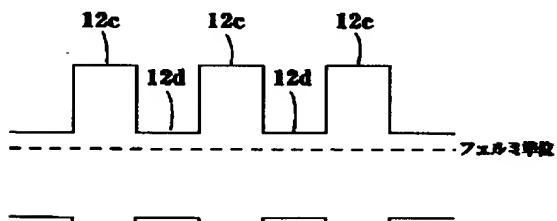
【図3】



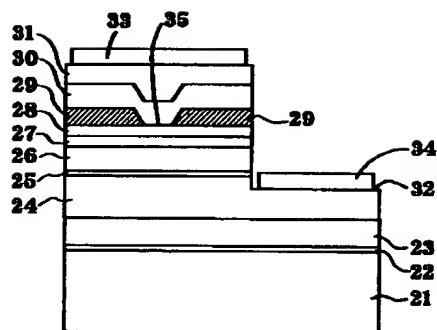
【図4】



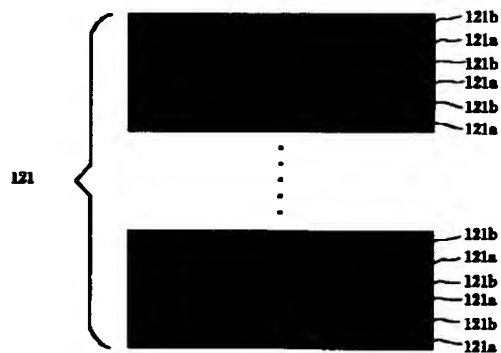
【図5】



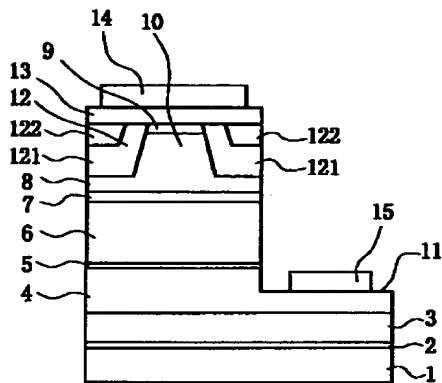
【図6】



【図8】



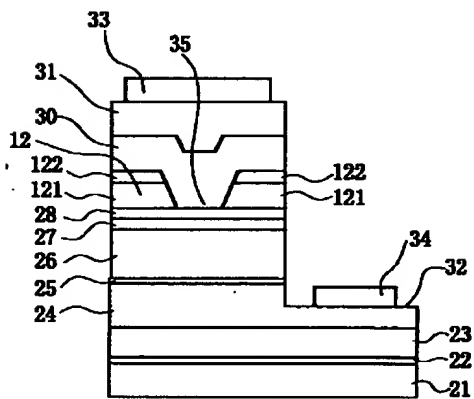
【図7】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 狩野 隆司
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(72)発明者 野村 康彦
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内